



PATENT APPLICATION

IN THE UNITED STATES PATENT AND TRADEMARK OFFICE

In re the Application of

Akifumi KAMIJIMA

Application No.: 10/731,030

Filed: December 10, 2003

Docket No.: 118046

For: METHOD FOR FABRICATING A PATTERNED THIN FILM AND A MICRO DEVICE

CLAIM FOR PRIORITY

Commissioner for Patents
P.O. Box 1450
Alexandria, VA 22313-1450

Sir:

The benefit of the filing date of the following prior foreign application filed in the following foreign country is hereby requested for the above-identified patent application and the priority provided in 35 U.S.C. §119 is hereby claimed:

Japanese Patent Application No. 2002-374865 filed on December 25, 2002

In support of this claim, a certified copy of said original foreign application:

☒ is filed herewith.

It is requested that the file of this application be marked to indicate that the requirements of 35 U.S.C. §119 have been fulfilled and that the Patent and Trademark Office kindly acknowledge receipt of this document.

Respectfully submitted,

James A. Oliff
Registration No. 27,075

Thomas J. Pardini
Registration No. 30,411

JAO:TJP/mlo

Date: March 16, 2004

OLIFF & BERRIDGE, PLC
P.O. Box 19928
Alexandria, Virginia 22320
Telephone: (703) 836-6400

**DEPOSIT ACCOUNT USE
AUTHORIZATION**
Please grant any extension
necessary for entry;
Charge any fee due to our
Deposit Account No. 15-0461

日 本 国 特 許 庁
JAPAN PATENT OFFICE

別紙添付の書類に記載されている事項は下記の出願書類に記載されている事項と同一であることを証明する。

This is to certify that the annexed is a true copy of the following application as filed with this Office.

出 願 年 月 日 2 0 0 2 年 1 2 月 2 5 日
Date of Application:

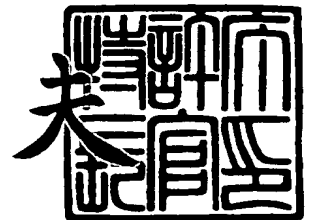
出 願 番 号 特 願 2 0 0 2 - 3 7 4 8 6 5
Application Number:
[ST. 10/C]: [J P 2 0 0 2 - 3 7 4 8 6 5]

出 願 人 T D K 株 式 会 社
Applicant(s):

2 0 0 4 年 2 月 9 日

特許庁長官
Commissioner,
Japan Patent Office

今 井 康 夫



出証番号 出証特 2 0 0 4 - 3 0 0 7 8 2 6

【書類名】 特許願

【整理番号】 P04513

【提出日】 平成14年12月25日

【あて先】 特許庁長官 太田 信一郎 殿

【国際特許分類】 G11B 5/39

【発明者】

【住所又は居所】 東京都中央区日本橋一丁目 1 3 番 1 号 ティーディーケイ株式会社内

【氏名】 上島 聡史

【特許出願人】

【識別番号】 000003067

【氏名又は名称】 ティーディーケイ株式会社

【代理人】

【識別番号】 100081606

【弁理士】

【氏名又は名称】 阿部 美次郎

【手数料の表示】

【予納台帳番号】 014513

【納付金額】 21,000円

【提出物件の目録】

【物件名】 明細書 1

【物件名】 図面 1

【物件名】 要約書 1

【プルーフの要否】 要

【書類名】 明細書

【発明の名称】 パターン化薄膜形成方法およびマイクロデバイスの製造方法

【特許請求の範囲】

【請求項 1】 基層上にパターン化薄膜を形成する方法であって、
前記基層上に、レジストマスクを用いてパターン化薄膜を形成し、
次に、光架橋剤を含有する有機樹脂を塗布して、前記レジストマスク及び前記
パターン化薄膜を覆う有機樹脂層を形成し、
次に、前記有機樹脂層を架橋させ、
その後、前記有機樹脂層及び前記レジストマスクを除去する
工程を含むパターン化薄膜形成方法。

【請求項 2】 請求項 1 に記載された方法であって、
前記レジストマスクは、下層レジスト層と、上層レジスト層とを含んでおり、
前記上層レジスト層は、前記下層レジスト層の平面積よりも大きい平面積を有
する
パターン化薄膜形成方法。

【請求項 3】 請求項 1 または 2 に記載されたパターン化薄膜形成方法であ
って、リフトオフ法、ドライエッチング法または両者の併用の何れかの工程を含
むパターン化薄膜形成方法。

【請求項 4】 パターン化薄膜を含むマイクロデバイスの製造方法であって
、前記パターン化薄膜を、請求項 1 乃至 3 の何れかに記載されたパターン化薄膜
形成方法によって形成する工程を含むマイクロデバイスの製造方法。

【請求項 5】 請求項 4 に記載されたマイクロデバイスの製造方法であって
、前記マイクロデバイスは薄膜磁気ヘッドであるマイクロデバイスの製造方法。

【請求項 6】 請求項 4 または 5 に記載されたマイクロデバイスの製造方法
であって、前記パターン化薄膜は磁気抵抗効果素子であるマイクロデバイスの製
造方法。

【発明の詳細な説明】

【0 0 0 1】

【発明の属する技術分野】

本発明は、パターン化薄膜を形成するパターン化薄膜形成方法およびマイクロデバイスの製造方法に関する。

【0002】

【従来の技術】

パターン化された薄膜（以下パターン化薄膜と称する）を有するマイクロデバイスにおいて、パターン化薄膜は、パターン化されたレジストマスクを用いて形成される。本発明において、マイクロデバイスとは、薄膜形成技術を利用して製造される小型のデバイスを言う。本発明にいうマイクロデバイスには、半導体デバイスや、薄膜磁気ヘッドや、薄膜を用いたセンサやアクチュエータ等が含まれる。

【0003】

パターン化されたレジストマスクを用いて、パターン化薄膜を形成するには、例えば特許文献1に示されるように、ドライエッチング法（特許文献1では、ミリングパタニング法と表記されている）、リフトオフ法、およびこれらを併用した方法（以下併用法と称する）等が適用される。

【0004】

ところで、半導体デバイス、薄膜磁気ヘッド、薄膜を用いたセンサ、または、アクチュエータ等のマイクロデバイスでは、その微小化及び高機能化等とともに、パターン化薄膜の微細化がより一層強く要求されるようになってきている。このような技術的動向及び要請に応えるためには、それに応じて、レジストマスクの幅及び厚みを縮小しなければならない。

【0005】

しかし、レジストマスクの幅及び厚みが小さくなってくると、リフトオフ法によるパターン化薄膜形成技術を適用した場合、レジストマスクを除去する溶剤等を、レジストマスクの周りに十分に浸透させることが困難になる。このため、レジストマスクの除去工程において、本来、除去されるべき部分が、除去されずに、いわゆる「バリ」として残ってしまう。

【0006】

ドライエッチング法によるパターン化薄膜形成技術を適用した場合には、ドラ

イエッチングによってレジストマスクの側面等に再付着した被ドライエッチング成分が、被ドライエッチング膜にも結合し、レジストマスクを溶剤によって除去しても、除去されずに、やはり「バリ」として残ってしまう。リフトオフ法とドライエッチング法とを併用した場合にも、同様の「バリ」を発生する。

【0 0 0 7】

上述のようにして発生した「バリ」が最終的に除去できないという事態に陥れば、最終製品の品質を保証することができず、信頼性を損なうとともに、歩留を著しく低下させてしまう。

【0 0 0 8】

【特許文献 1】

特開平 9 - 9 6 9 0 9 号公報

【0 0 0 9】

【発明が解決しようとする課題】

本発明の課題は、いわゆる「バリ」等を生じることなく、レジストマスクを確実に除去し得るパターン化薄膜形成方法およびマイクロデバイスの製造方法を提供することである。

【0 0 1 0】

【課題を解決するための手段】

上述した課題を解決するため、本発明では、基層上にパターン化薄膜を形成するにあたり、前記基層上に、レジストマスクを用いてパターン化薄膜を形成し、次に、光架橋剤を含有する有機樹脂を塗布して、前記レジストマスク及び前記パターン化薄膜を覆う有機樹脂層を形成し、次に、前記有機樹脂層を架橋させ、その後、前記有機樹脂層及び前記レジストマスクを除去する工程を含む。

【0 0 1 1】

光架橋剤を含有する有機樹脂層を架橋させるに当たっては、例えば、ネガタイプのものでは、全面を露光すればよい。

【0 0 1 2】

上述したように、本発明では、基層上に、レジストマスクを用いてパターン化薄膜を形成するので、パターン化薄膜形成工程において、ドライエッチング法を

用いた場合、被パターンニング膜から飛散した被ドライエッチング成分がレジストマスクの側面などに再付着する。このようにして再付着した被ドライエッチング成分は、被ドライエッチング膜にも結合し、レジストマスクを溶剤によって除去しても、除去されずに、「バリ」として残ってしまうことは、既に述べたとおりである。リフトオフ法とドライエッチング法とを併用した場合にも、同様の「バリ」を発生することも、既に述べたとおりである。

【0013】

本発明では、この再付着膜による「バリ」の問題を解決する手段として、光架橋剤を含有する有機樹脂層を塗布して、レジストマスク及びパターン化薄膜を覆い、次に、有機樹脂層を架橋させる。ドライエッチング法を適用した場合は、この工程により、架橋した有機樹脂層が、レジストマスクと、その周囲に付着した再付着膜を捕捉する。リフトオフ法を適用した場合は、架橋した有機樹脂層が、レジストマスクと、その周囲に付着した被パターンニング膜を捕捉する。

【0014】

上述のようにして、レジストマスク、再付着膜、または、被パターンニング膜を、架橋した有機樹脂層によって捕捉した後、有機樹脂層及びレジストマスクを除去する。この除去工程は、具体的には、全体を有機溶剤中に浸漬して揺動させて、有機樹脂層を、レジストマスクと共に溶解させる手法、または、超音波を照射する手法等によって実行することができる。

【0015】

このようにして、有機樹脂層及びレジストマスクを除去することにより、いわゆる「バリ」を生じることなく、レジストマスクを除去することができる。

【0016】

レジストマスクは、アンダーカットのない単層レジストマスクであっても、アンダーカットの入った構造のものであってもよい。アンダーカットの入ったレジストマスクは、下層レジスト層と、上層レジスト層とを含んでおり、上層レジスト層は、前記下層レジスト層の平面積よりも大きい平面積を有する。アンダーカットの入ったレジストマスクは、パターン化薄膜の微細化に有効である。

【0017】

本発明に係るパターン化薄膜形成方法は、リフトオフ法、ドライエッチング法または両者の併用の何れにも適用できる。

【0018】

更に、本発明に係るパターン化薄膜形成方法は、マイクロデバイスの製造方法にも適用できる。マイクロデバイスの製造方法では、上述した本発明に係るパターン化薄膜形成方法によって、マイクロデバイスとなるパターン化薄膜を形成する。マイクロデバイスは薄膜磁気ヘッドであってもよいし、半導体デバイスや、薄膜を用いたセンサやアクチュエータ等であってもよい。マイクロデバイスが薄膜磁気ヘッドである場合、パターン化薄膜の具体例は磁気抵抗効果素子である。

【0019】

【発明の実施の形態】

1. リフトオフ法

図1～図8は本発明に係るパターン化薄膜形成方法及びマイクロデバイスの製造方法について、リフトオフ法を適用した場合を説明する図である。

【0020】

まず、図1に示すように、基板等の基層100の上に、下層レジスト層111を形成する。下層レジスト層111は、スピコート法等の手段によって、基層100の上に塗布した後、必要に応じて、これを加熱することによって形成される。

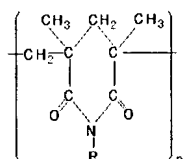
【0021】

下層レジスト層111を構成するレジスト材料は、その上に形成される上層レジスト層（後述）を構成するレジスト材料とインターミキシングを起こさない材料であることが必要である他、アンダーカットの入った積層（2層）レジストパターンを形成する場合は、採用されるアンダーカット形成方法に適した材料が選択される。アンダーカット形成方法としては、現像剤のみによる方法、アッシングのみによる方法、及び、現像剤とアッシングとを併用する方法がある。

【0022】

この内、現像のみでアンダーカットの入った2層レジストパターンを形成する場合は、下層レジスト層111を構成するレジスト材料は、現像剤として通常用

いられるアルカリ性水溶液に溶解し、かつ、上層レジスト層（後述）よりもアルカリ性水溶液による溶解速度の速い材料によって構成する。この場合の具体例としては、下記の化学式で表されるポリメチルグルタールイミド（以下PMGIと称する）を挙げることができる。



ここで、Rは水素原子またはメチル基、nは1以上の整数

【0023】

アッシングのみでアンダーカットの入った2層レジストを得る場合は、アッシング反応速度が、上層レジスト層（後述）を構成するレジスト材料よりも速いこと等の条件を満たす材料を用いる。

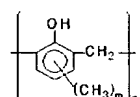
現像剤とアッシングとを併用してアンダーカットを入れる場合は、アルカリ性水溶液に溶解し、かつ、アッシング反応速度が上層レジスト層を構成するレジスト材料よりも速いこと等の条件を満たす材料を用いる。

【0024】

以下の説明では、上述した3つのアンダーカット形成方法のうち、現像剤のみによってアンダーカットを入れる場合を例にとって説明する。

【0025】

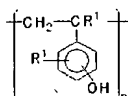
図1に示した工程の後、図2に示すように、下層レジスト層111の上に、上層レジスト層112を、スピコート法等の手段によって形成する。上層レジスト層112は、フェノール性水酸基を含むレジストを主成分とするものが好ましい。上層レジスト層112のためのレジストの例としては、少なくとも次の化学式、



ここで、mは0～3の整数、nは1以上の整数

で表される構造を有する成分を含むものを挙げることができる。

【0026】



上層レジスト層 112 のレジストの別の例としては、少なくとも下記の化学式

ここで、R1 は水素原子またはメチル基、n は 1 以上の整数で表される構造を有する成分を含むものを用いることができる。

【0027】

更に、上層レジスト層 112 に適したフェノール性水酸基を含むレジストの他の例としては、特公昭 37-18015 号公報に開示された NQD-ノボラックレジスト（ナフトキノンジアジド-ノボラックレジスト）、特開平 6-242602 号公報に開示された一体型 NQD-ノボラックレジスト、特開 2000-63466 号公報に開示された疎水性一体型 NQD-ノボラックレジスト、及び、特開平 6-273934 号公報に開示されたポリヒドロキシスチレン系樹脂を主成分とした化学増幅型レジスト等も挙げることができる。

【0028】

次に、図 3 に示すように、マスク 105 を介して、上層レジスト層 112 を露光して、上層レジスト層 112 に所定のパターンの潜像を形成する。露光用の光は、紫外線、エキシマレーザー光、電子ビーム等、どのような光でもよい。露光用の光が電子線である場合には、マスク 105 を介することなく、直接、上層レジスト層 112 に電子線を照射することにより、所定のパターンの潜像を形成してもよい。また、必要に応じて、露光後に上層レジスト層 112 を加熱する。

【0029】

次に、図 4 に示すように、現像液によって、露光後の上層レジスト層 112 を現像すると共に、下層レジスト層 111 の一部を溶解させる。現像後、下層レジスト層 111 および上層レジスト層 112 の水洗と乾燥を行う。これにより、アンダーカットの入ったレジストマスク 110 が得られる。アンダーカットの入ったレジストマスク 110 では、上層レジスト層 112 は、下層レジスト層 111 の平面積よりも大きい平面積を有する。このようなレジストマスク 110 は、パ

ターン化薄膜の微細化に有効である。現像液としては、テトラメチルアンモニウムハイドロオキシド（TMAH）の水溶液等のアルカリ性水溶液を用いることが好ましい。

【0030】

次に、図5に示すように、基層100の上にレジストマスク110を残したままで、例えば、スッパタまたはCVD等の薄膜形成プロセスを実行することにより、パターン化薄膜21、22を形成する。レジストマスク110の周囲にも、付着膜23が付着する。この付着膜23は、基層100の表面に延びるように付着する。

【0031】

従来は、図5に示した工程の直後に、リフトオフ法を実行することにより、基層100から、レジストマスク110を剥離していた。ところが、図5にも示すように、レジストマスク110の周囲に付着した付着膜23が、さらに、基層100の表面に延びるように付着するため、レジストマスク110のリフトオフ工程において、付着膜23が基層100と密着する部分で、無理やりに剥離される結果となり、いわゆる「バリ」が発生しまい、最終製品の品質、信頼性及び歩留を低下させてしまうという問題点があったのである。

【0032】

この「バリ」の問題を解決する手段として、本発明では、図6に示すように、光架橋剤を含有する有機樹脂を塗布して、レジストマスク110及び付着膜23を覆う有機樹脂層114を形成し、次に、図7に示すように、この有機樹脂層114に、光を照射して、これを架橋させる。

【0033】

有機樹脂層114を構成する有機樹脂は、光架橋剤を含有する他、主成分たる樹脂、及び、溶剤を含んでいて、光の照射により硬化し、しかも、有機溶剤により膨潤もしくは溶解し、剥離可能な性質を有するものであればよい。樹脂、光架橋剤及び溶剤のそれぞれは、1成分からなっているてもよいし、多成分の混合物であつてもよい。

【0034】

用い得る樹脂の例としては、環化ポリイソプレン、環化ポリブタジエン、ポリヒドロキシスチレン、ポリアクリルアミド、ポリアミド酸またはポロメチルメタクリレート等がある。光架橋剤の例としては、アジド化合物やビスアジド化合物等を挙げることができる。

【0035】

有機樹脂層 114 を構成する有機樹脂に含まれるべき溶剤の例としては、シクロヘキサンなどのケトン類、1-エトキシ-2-プロパノール等のアルコール類、プロピレングリコールモノメチルエーテル等のエーテル類、プロピレングリコールモノメチルエーテルアセテート、乳酸エチルもしくは酢酸ブチル等のエステル類、または、キシレンなどを挙げることができる。

【0036】

入手可能な具体例としては、JSR株式会社製 CIR701 がある。この製品は、ゴム系ネガレジストであって、環化ポリイソプレンと、4-ニトロジフェニルアミンと、キシレンとを含んでいる。

【0037】

有機樹脂層 114 として、上述したネガレジストを用いた場合は、その全面を露光し、架橋させる。有機樹脂層 114 は、その架橋により、レジストマスク 110 と、その周囲に付着した付着膜 23 を捕捉する。

【0038】

上述のようにして、レジストマスク 110 及び付着膜 23 を、架橋した有機樹脂層 114 によって捕捉した後、全体を有機溶剤中に浸漬して揺動させて、有機樹脂層 114 を、レジストマスク 110 と共に溶解させる。有機溶剤中における浸漬揺動の代わりに、超音波を照射してもよい。

【0039】

このようにして、有機樹脂層 114 及びレジストマスク 110 を除去することにより、図 8 に示すように、「バリ」を生じることなく、レジストマスク 110 を除去し、「バリ」のないパターン化薄膜 21、22 を得ることができる。

【0040】

2. ドライエッチング法

図9～図17は本発明に係るマスク形成方法、パターン化薄膜形成方法、及び、マイクロデバイスの製造方法について、ドライエッチング法を適用した例を示す図である。

【0041】

まず、図9に示すように、スパッタ法、CVD法、またはめっき法等の周知の成膜技術を適用して基板等の基層100の上に、基層となる被パターンニング膜300を形成する。被パターンニング膜300は、各種金属薄膜、無機膜等で構成される。選択すべき金属材料及び無機材料等には、特に限定はない。また、被パターンニング膜300は、単層膜であってもよいし、複数層を積層した積層膜であってもよい。

【0042】

次に、図10に示すように、被パターンニング膜300の上に、下層レジスト層111を形成した後、図11～図13に示す工程が実行される。図11～図13に図示するレジストマスク110を形成するまでの工程は、リフトオフ法の図2～図4と異なることがないので、重複説明は省略する。

【0043】

次に、レジストマスク110を形成した後、図13に示すように、レジストマスク110を用いて、ドライエッチング、例えばイオンミリング、リアクティブ・イオン・エッチング(RIE)等によって、被パターンニング膜300をエッチングして、所望の形状のパターン化薄膜30を形成する。パターン化薄膜形成工程前に、基層100の表面全体をアッシング処理してもよい。これにより、図14に示すように、パターン化薄膜30が得られる。

【0044】

エッチングプロセスにおいて、被パターンニング膜300がドライエッチングされた場合、被パターンニング膜300から生じた微粒子が、レジストマスク110の側面等に再付着し、図14に示すように、再付着膜113が形成される。再付着膜113は、レジストマスク110の底部に存在するパターン化薄膜30に連なっており、結合されている。

【0045】

従来は、図14に示した工程の後に、有機溶剤を用いて、レジストマスク110を剥離していた。ところが、レジストマスク110の側面等に付着した再付着膜113が、レジストマスク110の底部に存在するパターン化薄膜30にも連なっているため、図14の状態、レジストマスク110を有機溶剤によって溶解しても、再付着膜113が、パターン化薄膜30に付着したまま、除去されずに残ってしまい、「バリ」が発生することがあった。このため、最終製品の品質、信頼性及び歩留を低下させてしまうという問題点があったのである。

【0046】

この「バリ」の問題を解決する手段として、本発明では、図15に図示するように、レジストマスク110及び再付着膜113を覆う有機樹脂層114を塗布し、次に、有機樹脂層114を架橋させる。有機樹脂層114として、ネガレジストを用いた場合は、図16に図示するように、その全面を露光し、架橋させる。有機樹脂層114は、その架橋により、レジストマスク110と、その周囲に付着した再付着膜113を捕捉する。

【0047】

上述のようにして、レジストマスク110及び再付着膜113を、架橋した有機樹脂層114によって捕捉した後、全体を有機溶剤中に浸漬して揺動させ、有機樹脂層114を、レジストマスク110と共に溶解させる。有機溶剤中における浸漬揺動の代わりに、超音波を照射してもよいことは既に述べたとおりである。

【0048】

このようにして、有機樹脂層114及びレジストマスク110を除去することにより、図17に示すように、「バリ」のないパターン化薄膜30を得ることができる。

【0049】

3. 併用法

図18～図26はリフトオフ法及びドライエッチング法を併用した本発明に係るパターン化薄膜形成方法、及び、マイクロデバイスの製造方法について説明する図である。

【0050】

併用法では、まず、図18～図22に示す工程が実行される。図18～図22に示す工程は、ドライエッチング法の図9～図13に示す工程と異なるところはないので、重複説明は省略する。

【0051】

図18～図22に示した工程を通した後、図23に示すように、パターン化薄膜30の上にレジストマスク110を残したままで、スパッタまたはCVD等の薄膜形成プロセスを実行することにより、パターン化薄膜21、22を形成する。この後、図24～図26に示すリフトオフ法を実行することにより、パターン化薄膜30から、有機樹脂層114及びレジストマスク110を剥離する。これにより、図26に示すように、マイクロデバイスの一部となるパターン化薄膜30、21、22が得られる。図23～図26に図示する工程は、図5～図10に示したリフトオフ工程と同じであるので、重複説明は省略することとし、その代わり、実施例によって具体的に説明する。

【0052】**実施例**

まず、図18に示すプロセスにおいて、基層100を構成する基板として、直径3インチ、厚み2mmのAlTiC（アルティック）を用いた。基層100を構成する基板の上には、被パターンニング膜300となるNiFe（80-20wt%）を30nmの膜厚となるように、スパッタ成膜した。スパッタ装置として、アルネバ（株）社製 SPF-740Hを用いた。スパッタ条件は、次のとおりである。

【0053】

ガス：Ar

電力；1500W、DC

ターゲット径：8インチ

ガス流量；15sccm

圧力：0.25Pa

析出速度：約15nm/sec

なお、流量単位 sccm とは、standard cubic cm の略語であり、圧力を 1 気圧 ($1.01325 \times 10^5 \text{ Pa}$) に変換した時の 1 分間当たりの cm^3 単位の流量を表す。

【0054】

さらに、図 18 のプロセスでは、PMGI を、スピコートによって塗布し、下層レジスト層 111 を形成した。PMGI としては、シプレイファースト社製の LOL-500 を用い、50 nm の厚さに塗布した。次に、塗布された第 1 のレジスト層 (PMGI) をプリベークした。プリベーク条件は 180°C 、300 秒とした。

【0055】

次に、図 19 に示すプロセスでは、PMGI でなる下層レジスト層 111 の上に、レジストを、スピコート法によって $0.5 \mu\text{m}$ の厚さに塗布し、上層レジスト層 112 を形成した。上層レジスト層 112 を構成するレジストとして、クラリアントジャパン社の AZ5105P を用いた。次に、塗布されたレジスト層 112 をプリベークした。プリベーク条件は 120°C 、60 秒とした。

【0056】

次に、図 20 に示す露光プロセスでは、露光装置として、ニコン社製 NSR-TFH EX14C を用いた。露光条件は次のとおりである。

NA ; 0.6

σ ; 0.75

Dose ; $22 \text{ mJ} / \text{cm}^2$

Focus ; $0 \mu\text{m}$

マスク 105 のサイズ ; $0.2 \mu\text{m}$

【0057】

次に、現像プロセスでは、現像前に、 120°C の温度で 60 秒間加熱した。現像液として、2.38% テトラメチルアンモニウムハイドロオキシド (TMAH) の水溶液を用い、30 秒、1 パドルで、現像処理を行った。

【0058】

上述した図 18 ~ 図 20 のプロセスを経ることにより、幅 $0.2 \mu\text{m}$ 、長さ 3

μm の下層レジスト層 1 1 1 と、下層レジスト層 1 1 1 の両側に $3\mu\text{m}$ だけ飛び出る上層レジスト層 1 1 2 とを有するアンダーカット入りのレジストマスク 1 1 0 を得た。レジストマスク 1 1 0 は、基層を構成する基板をウエハーとしてその面上に多数整列して形成される。

【0 0 5 9】

レジストマスク 1 1 0 を形成した後、図 2 1 に示すように、ミリングを行った。用いられたミリング装置は、V e e c o 社製 I B E - I B D である。ミリング条件は次のとおりである。

ガス；A r

ガス流量；1 0 s c c m

圧力： 2×10^{-4} T o o r

ミリング角度： 5° （基板表面の垂線に対する角度）

ビーム電流：3 0 0 m A

ビーム電圧：D C 3 0 0 V

加速電圧：- 5 0 0 V

これにより、図 2 2 に示すように、パターン化薄膜 3 0 が得られた。

【0 0 6 0】

次に、図 2 3 のスパッタプロセスでは、スパッタ装置として、V e e c o 社製 I B E - I B D を用いて、スパッタ成膜を行った。スパッタ条件は、次のとおりである。

ガス；A r

ガス流量；5 s c c m

圧力： 2×10^{-4} T o o r

スパッタ角度： 30° （基層面に対して垂直な方向に対する角度）

ビーム電流：3 0 0 m A

ビーム電圧：D C 1 5 0 0 V

加速電圧：- 2 0 0 V

ターゲット：A u

成膜厚：5 0 n m

【0061】

次に、図24の樹脂塗布プロセスでは、JSR株式会社製のCIR701を、スピンコートにより、 $2\mu\text{m}$ の膜厚となるように塗布して、有機樹脂層114を形成した。CIR701は、前述したように、ゴム系ネガレジストであって、環化ポリイソプレンと、4-ニトロジフェニルアミンと、キシレンとを含んでいる。

【0062】

次に、図25に示す露光プロセス（光架橋工程）では、露光装置として、ギャノン社製PLA-501（broad band）を用い、有機樹脂層114の全面露光を行った。全面露光におけるDoseは、 $500\text{mJ}/\text{cm}^2$ とした。露光前に、 110°C 、180秒間のプリベーク処理を行った。

【0063】

次に、図26に示す有機樹脂剥離工程では、全体を、 50°C のN-メチルピロリドン溶液中に、1時間浸漬し、かつ、揺動した。これにより、架橋した有機樹脂層114及びマスク110が溶解除去され、図26に示すように、「バリ」のないパターン化薄膜30、21、22が得られた。

【0064】

図26のパターン化薄膜30を、日立製作所製CD-SEM S7800により観察したところ、 $0.2\mu\text{m}$ 幅のNiFe孤立パターンを有するパターン化薄膜30の外側に、「バリ」を持たないAuパターンでなるパターン化薄膜21、22が得られていることが確認された。図25、図26の工程を持たない比較例（従来例）の場合は、バリのために歩留まりが70%程度に低下した。

【0065】

4. 具体的適用例

次に、上述したパターン化薄膜形成方法を適用したマイクロデバイスの製造方法の具体例として、薄膜磁気ヘッドの製造方法、特に、巨大磁気抵抗効果素子（以下GMR素子と称する）を用いた再生ヘッドを含む薄膜磁気ヘッドを製造する場合を例にとって説明する。GMR素子としては、スピンバルブ膜（以下SV膜と称する）や強磁性トンネル接合素子（以下TMR素子と称する）を挙げるこ

ができる。

【0066】

図27はウエハー上で見た薄膜磁気ヘッド要素の1つを拡大して示す断面図、図28は図27の28-28線に沿った拡大側面断面図である。

【0067】

図示された薄膜磁気ヘッド要素は、再生ヘッドと記録ヘッド（誘導型電磁変換素子）とを備えており、これらは、アルティック（ $\text{Al}_2\text{O}_3\text{-TiC}$ ）等のセラミック材料よりなる基板5の上に搭載されている。基板5はスライダ基体を構成する。基板5の上には、スパッタリング法等によって、アルミナ（ Al_2O_3 ）等の絶縁材料よりなる絶縁層501が、例えば1～5 μm の厚みに形成されている。下部シールド層28は、パーマロイ（ NiFe ）等の磁性材料よりなり、絶縁層501の上に、スパッタリング法またはめっき法等によって、例えば約3 μm の厚みとなるように形成されている。

【0068】

再生ヘッドは、GMR素子30と、下部シールド層28と、上部シールド層（下部磁極層）41とを有している。下部シールド層28および上部シールド層41は、GMR素子30を挟んで対向するように配置されている。

【0069】

下部シールド層28の上には、下部シールドギャップ層230が備えられている。下部シールドギャップ層230は、アルミナ等の絶縁材料よりなり、スパッタ等によって、例えば10～200 nmの厚み（最小厚み）に形成されている。下部シールドギャップ層230の上には、GMR素子30及び（電極／磁区制御膜）21、22が、それぞれ、例えば数十 nmの厚みに形成されている。（電極／磁区制御膜）21、22と下部シールドギャップ層230との間には、アルミナ等の絶縁材料よりなる絶縁層231、232が設けられている。

【0070】

GMR素子30及び（電極／磁区制御膜）21、22は上部シールドギャップ層240によって覆われている。上部シールドギャップ層240は、アルミナ等の絶縁材料よりなり、スパッタ等によって、例えば10～200 nmの厚み（最

小厚み)に形成されている。

【0071】

記録ヘッド4は、上部シールド層となる下部磁極層41、上部磁極層45、記録ギャップ層42及び薄膜コイル43等を有している。下部磁極層41及び上部磁極層45は、互いに磁氣的に連結されている。

【0072】

下部磁極層41は、GMR素子30と対向する部分では、上部シールドギャップ層240の上に形成されており、対向する部分の両側では、絶縁層241, 242によって支持されている。記録ギャップ層42は下部磁極層41の磁極部分と上部磁極層45の磁極部分との間に設けられている。薄膜コイル43は下部磁極層41および上部磁極層45の間に存在するインナーギャップを埋める絶縁膜48の内部に、絶縁された状態で配設されている。記録ヘッド4は、アルミナ等の保護膜49によって覆われている。

【0073】

次に、上述した薄膜磁気ヘッドについて、本発明に係るパターン化薄膜形成方法を用いて、GMR素子30を形成するプロセスを、図29～図39を参照して説明する。実施例のGMR素子30は、SV膜である。

【0074】

まず、図29に示すように、基板5の上に、絶縁層501、下部シールド層28、下部シールドギャップ層230及び絶縁層231, 232等を、周知技術の適用によって形成する。

【0075】

次に、図30に示すように、下部シールドギャップ層230及び絶縁層231, 232の上に、GMR素子となる被パターンニング層300を形成する。図では、被パターンニング層300は単層表示であるが、実際のSV膜では多層膜構造である。

【0076】

次に、図31に示すように、被パターンニング層300の上に、下層レジスト層111を形成する。下層レジスト層111は、既に述べたような基本的特性を有

するレジスト材料、具体的にはPMGI等で構成される。

【0077】

次に、図32に示すように、下層レジスト層111の上に上層レジスト層112を形成する。上層レジスト層112の具体例は、既に示したとおりである。

【0078】

次に、図33に示すように、マスク105を介して、上層レジスト層112を露光して、上層レジスト層112に所定のパターンの潜像を形成する。マスク105は、潜像がGMR素子の位置に形成されるように位置合わせされる。

【0079】

次に、現像液によって、露光後の上層レジスト層112を現像すると共に、下層レジスト層111の一部を溶解させ、現像後、下層レジスト層111および上層レジスト層112の水洗と乾燥を行う。

【0080】

これにより、図34に示すように、アンダーカットの入った積層レジストパターン111、112でなるレジストマスク110が形成される。

【0081】

次に、図34、図35に示すように、例えばイオンミリング等のドライエッチングによって、被パターニング層300を選択的にエッチングし、GMR素子30を形成する。エッチングプロセスにおいて、被パターニング膜300がドライエッチングされた場合、被パターニング膜300から生じた微粒子が、レジストマスク110の側面等に再付着し、図35に示すように、再付着膜113が形成される。再付着膜113は、通常、レジストマスク110の底部に存在するパターン化薄膜30に連なり、結合される。

【0082】

次に、図36に示すように、パターン化薄膜30の上にレジストマスク110を残したままで、例えば、スッパタまたはCVD等の薄膜形成プロセスを実行することにより、パターン化薄膜21、22を形成する。パターン化薄膜21、22は、GMR素子30に電氣的に接続される一対の電極層、及び、磁区制御膜を含む。レジストマスク110には、付着膜23が付着する。

【0083】

従来は、図36に示した工程の後に、リフトオフ法を実行することにより、パターン化薄膜30から、レジストマスク110を剥離していたため、レジストマスク110の除去工程において、レジストマスク110の上の再付着膜113、付着膜23が、その周囲のパターン化薄膜21、22と密着する部分で、無理やりに剥離される結果となって、「バリ」が発生していた。

【0084】

この問題を解決するため、本発明では、図37に示すように、光架橋剤を含有する有機樹脂層114を塗布して、レジストマスク110、付着膜23及びパターン化薄膜21、22を覆い、次に、有機樹脂層114を架橋させる。有機樹脂層114として、ネガレジストを用いた場合は、図38に示すように、その全面を露光し、架橋させる。有機樹脂層114は、その架橋により、レジストマスク110と、その周囲に付着した付着膜23を捕捉する。

【0085】

上述のようにして、レジストマスク110及び付着膜23を、架橋した有機樹脂層114によって捕捉した後、全体を有機溶剤中に浸漬して揺動させて、有機樹脂層114を、レジストマスク110と共に溶解させる。有機溶剤中における浸漬揺動の代わりに、超音波を照射してもよい。

【0086】

このようにして、有機樹脂層114及びレジストマスク110を除去することにより、図39に示すように、「バリ」を生じることなく、レジストマスク110を除去し、「バリ」のないパターン化薄膜21、22を得ることができる。パターン化薄膜21、22が、（電極／磁区制御膜）となることは、既に述べたとおりである。

【0087】

この後、更に、記録ヘッドのための製造プロセスを実行する。記録ヘッドの製造プロセスは周知である。

【0088】

具体的なプロセスは、併用法の実施例に示したプロセス条件が適用される。ま

た、図示及び説明は省略するが、本発明は、SV膜に対して、膜面に垂直に電流を流すCPP-GMR (Current Perpendicular to a Plane of a Giant Magnetoresistance) 素子またはTMR素子を有する薄膜磁気ヘッドの製造にも、若干のプロセス修正を加えることにより、適用できることは明らかである。

【0089】

本発明は、上記実施の形態に限定されず種々の変更が可能である。例えば、本発明は、半導体デバイスや、薄膜を用いたセンサやアクチュエータ等、薄膜磁気ヘッド以外のマイクロデバイスの製造方法にも適用することができる。

【0090】

【発明の効果】

以上述べたように、本発明によれば、レジストマスク等の除去工程において、「バリ」等を生じることなく、レジストマスクを確実に除去し得るパターン化薄膜形成方法およびマイクロデバイスの製造方法を提供することができる。

【図面の簡単な説明】

【図1】

リフトオフ法による本発明に係るパターン化薄膜形成方法及びマイクロデバイスの製造法に含まれる一工程を示す断面図である。

【図2】

図1に示した工程の後の工程を示す断面図である。

【図3】

図2に示した工程の後の工程を示す断面図である。

【図4】

図3に示した工程の後の工程を示す断面図である。

【図5】

図4に示した工程の後の工程を示す断面図である。

【図6】

図5に示した工程の後の工程を示す断面図である。

【図7】

図6に示した工程の後の工程である全面露光工程を示す図である。

【図 8】

図 7 に示した工程の後の工程を示す断面図である。

【図 9】

ドライエッチング法による本発明に係るパターン化薄膜形成方法及びマイクロデバイスの製造法に含まれる一工程を示す断面図である。

【図 1 0】

図 9 に示した工程の後の工程を示す断面図である。

【図 1 1】

図 1 0 に示した工程の後の工程を示す断面図である。

【図 1 2】

図 1 1 に示した工程の後の工程を示す断面図である。

【図 1 3】

図 1 2 に示した工程の後の工程を示す断面図である。

【図 1 4】

図 1 3 に示した工程の後の工程を示す断面図である。

【図 1 5】

図 1 4 に示した工程の後の工程を示す断面図である。

【図 1 6】

図 1 5 に示した工程の後の工程である全面露光工程を示す図である。

【図 1 7】

図 1 6 に示した工程の後の工程を示す図である。

【図 1 8】

リフトオフ法及びドライエッチング法を併用したによる本発明に係るパターン化薄膜形成方法及びマイクロデバイスの製造法に含まれる一工程を示す断面図である。

【図 1 9】

図 1 8 に示した工程の後の工程を示す断面図である。

【図 2 0】

図 1 9 に示した工程の後の工程を示す断面図である。

【図 2 1】

図 2 0 に示した工程の後の工程を示す断面図である。

【図 2 2】

図 2 1 に示した工程の後の工程を示す断面図である。

【図 2 3】

図 2 2 に示した工程の後の工程を示す断面図である。

【図 2 4】

図 2 3 に示した工程の後の工程を示す断面図である。

【図 2 5】

図 2 4 に示した工程の後の工程である全面露光工程を示す図である。

【図 2 6】

図 2 5 に示した工程の後の工程を示す断面図である。

【図 2 7】

本発明に係るパターン化薄膜形成方法及びマイクロデバイス製造方法が適用される薄膜磁気ヘッド要素の断面図である。

【図 2 8】

図 2 7 の 2 8 - 2 8 線に沿った拡大側面断面図である。

【図 2 9】

図 2 7、図 2 8 に示した薄膜磁気ヘッド要素に含まれる GMR 素子の製造工程における一工程を示す断面図である。

【図 3 0】

図 2 9 に示した工程の後の工程を示す断面図である。

【図 3 1】

図 3 0 に示した工程の後の工程を示す断面図である。

【図 3 2】

図 3 1 に示した工程の後の工程を示す断面図である。

【図 3 3】

図 3 2 に示した工程の後の工程を示す断面図である。

【図 3 4】

図 3 3 に示した工程の後の工程を示す断面図である。

【図 3 5】

図 3 4 に示した工程の後の工程を示す断面図である。

【図 3 6】

図 3 5 に示した工程の後の工程を示す図である。

【図 3 7】

図 3 6 に示した工程の後の工程を示す図である。

【図 3 8】

図 3 7 に示した工程の後の工程である全面露光工程を示す図である。

【図 3 9】

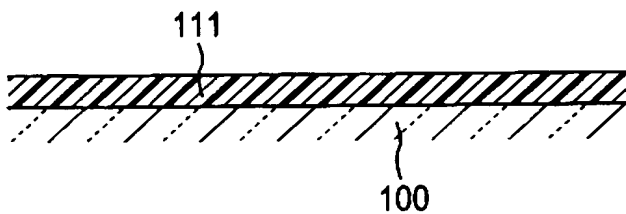
図 3 8 に示した工程の後の工程を示す図である。

【符号の説明】

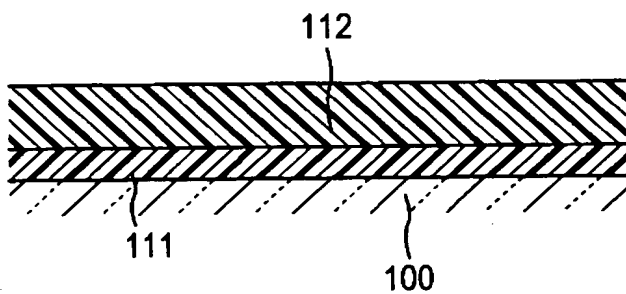
1 0 1	基層
1 0 7	有機樹脂層
1 1 0	レジストマスク
1 1 1	下層レジストパターン
1 1 2	上層レジストパターン
3 0 0	被パターンニング層

【書類名】 図面

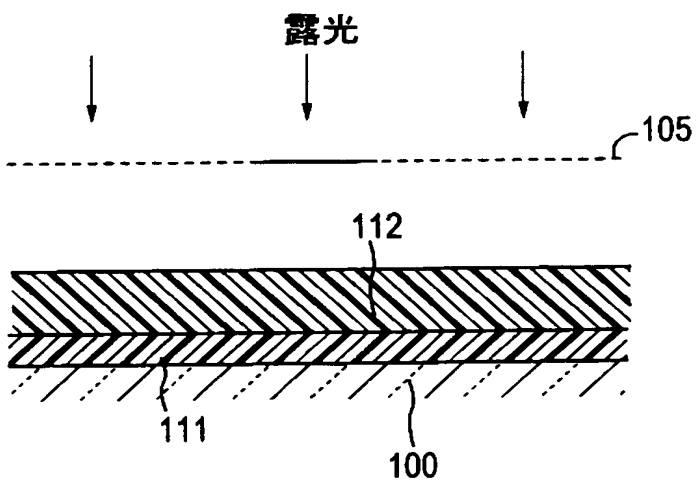
【図 1】



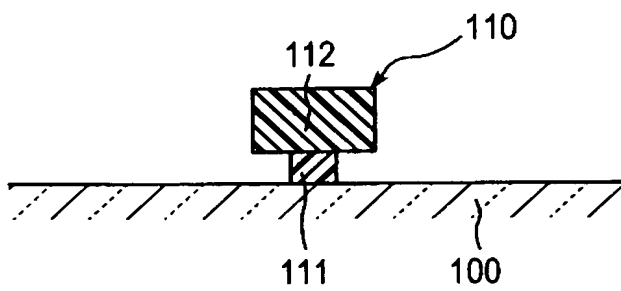
【図 2】



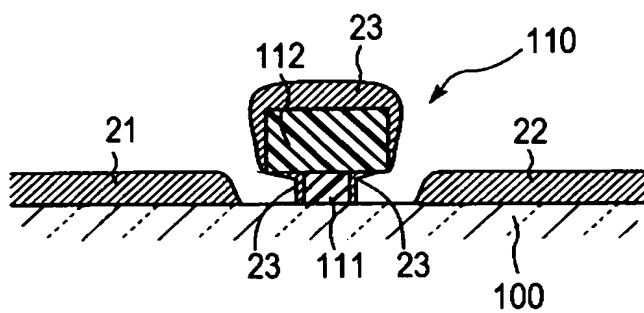
【図 3】



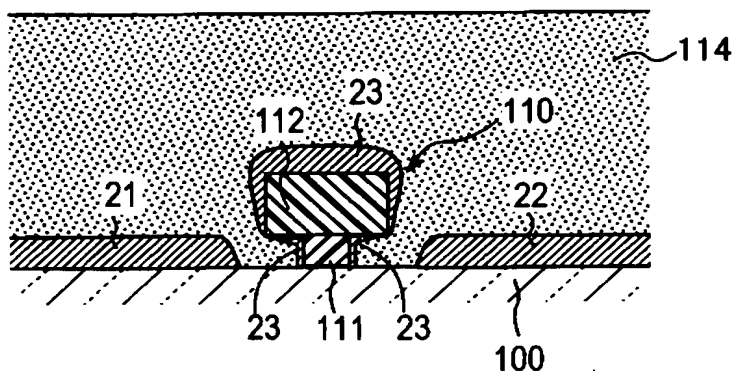
【図 4】



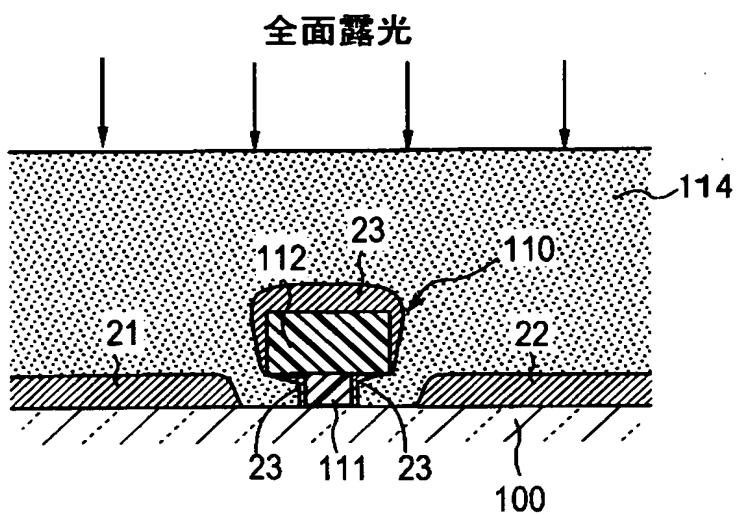
【図 5】



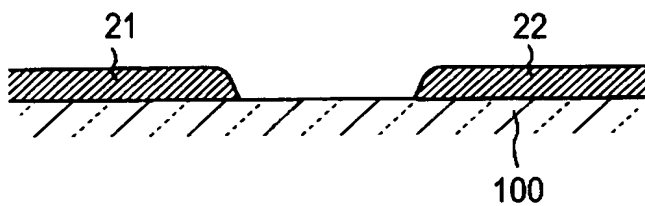
【図 6】



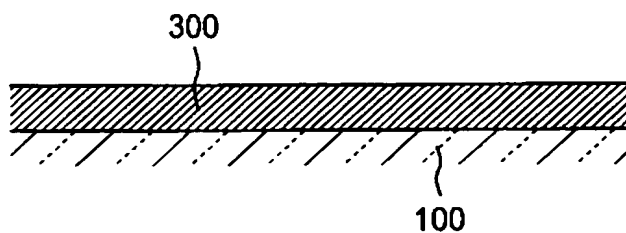
【図 7】



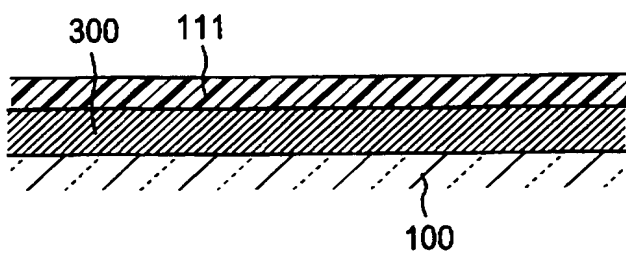
【図 8】



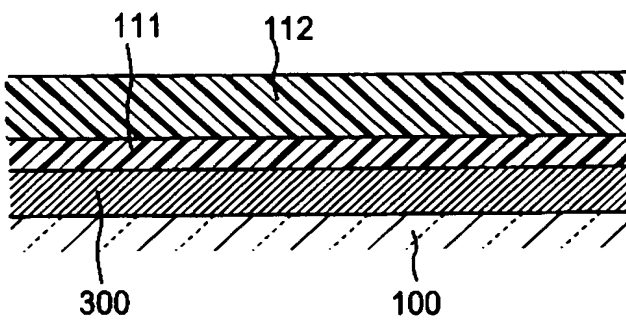
【図 9】



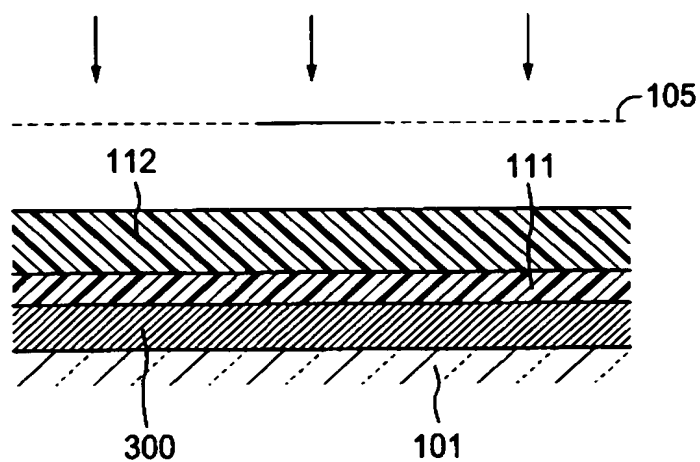
【図 10】



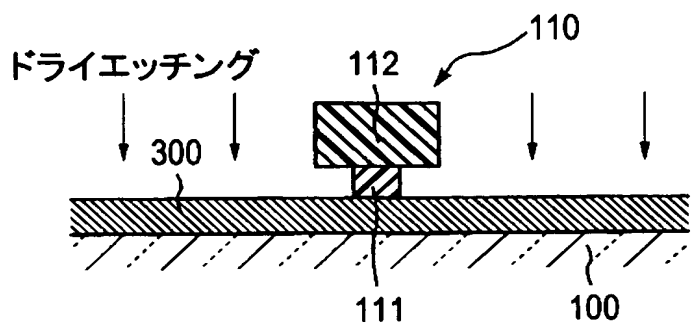
【図 11】



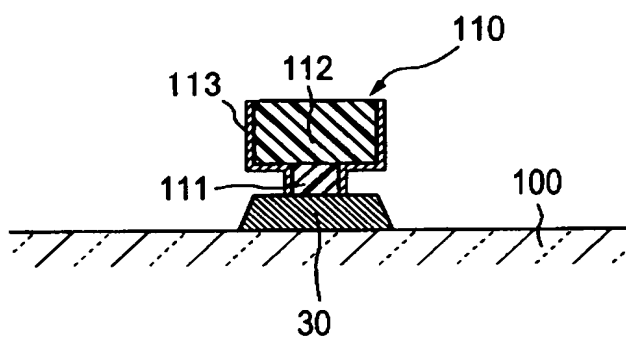
【図 12】



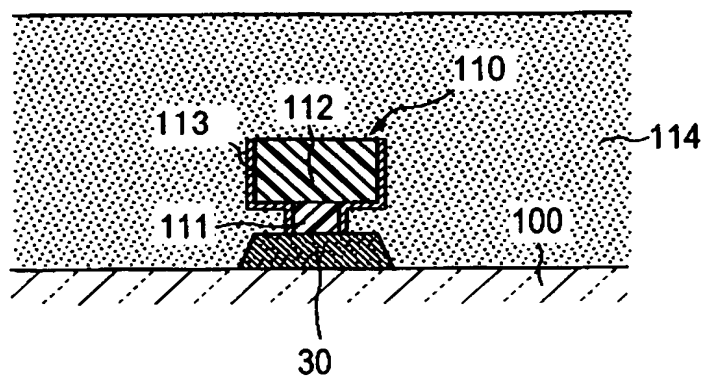
【図 13】



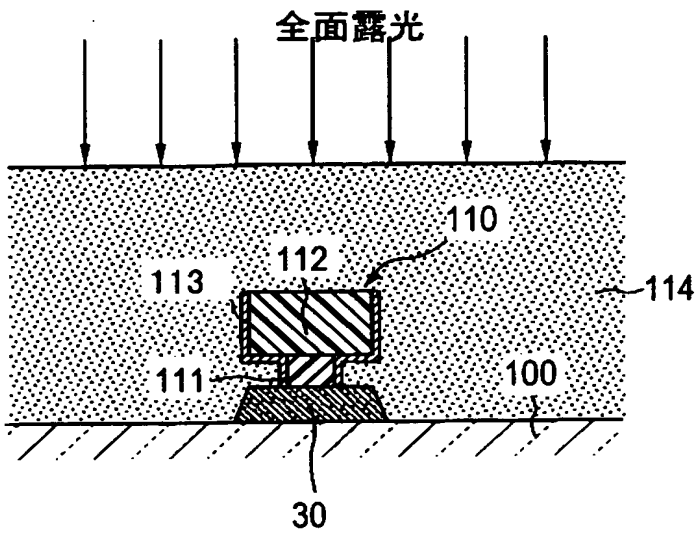
【図 14】



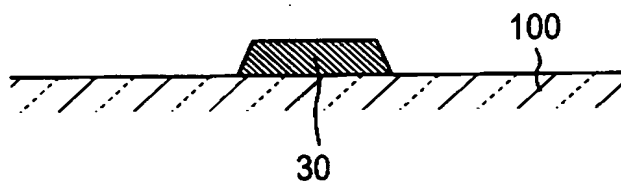
【図 15】



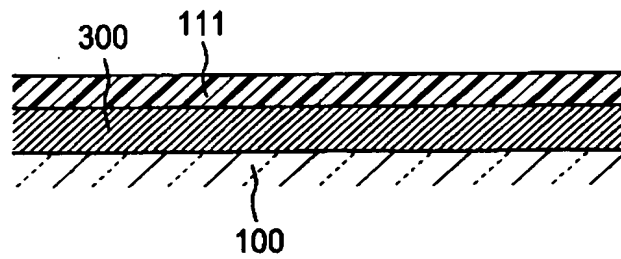
【図 16】



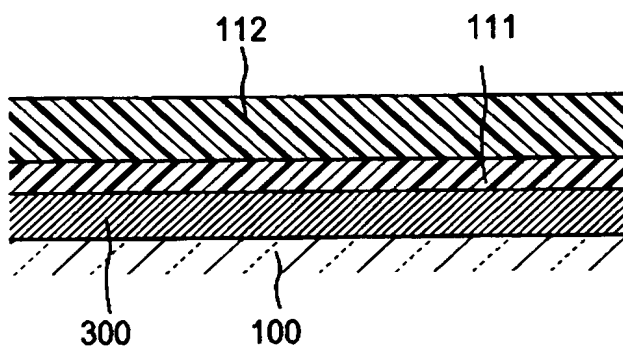
【図 17】



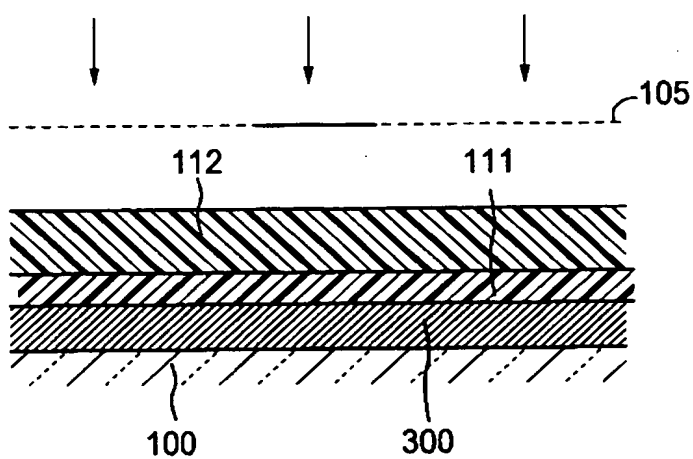
【図 18】



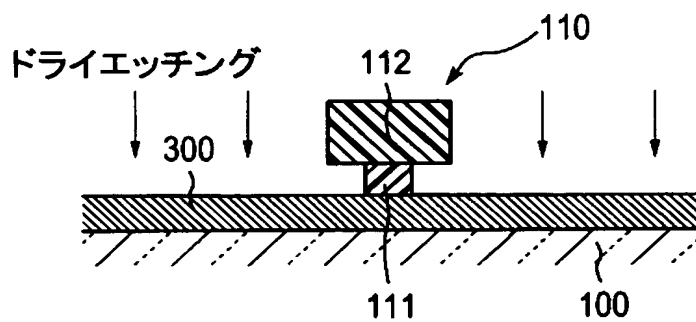
【図 19】



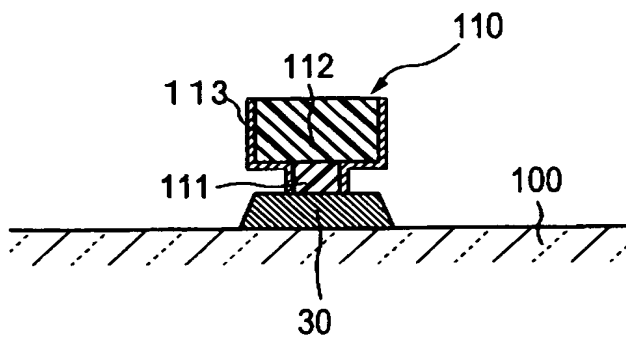
【図 20】



【図 21】

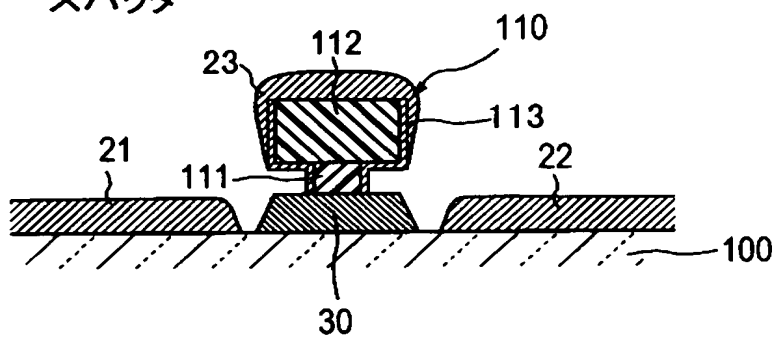


【図 2 2】

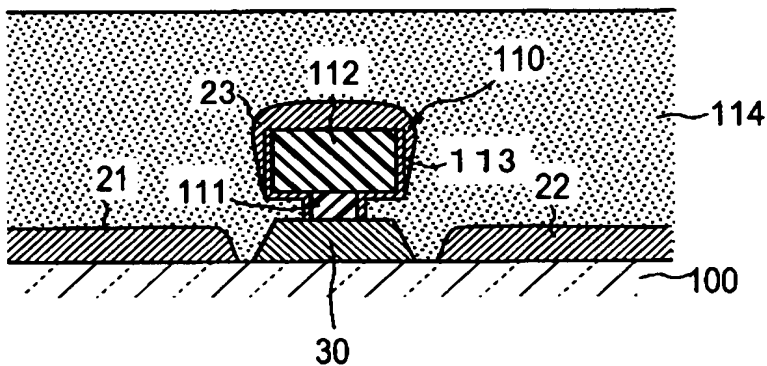


【図 2 3】

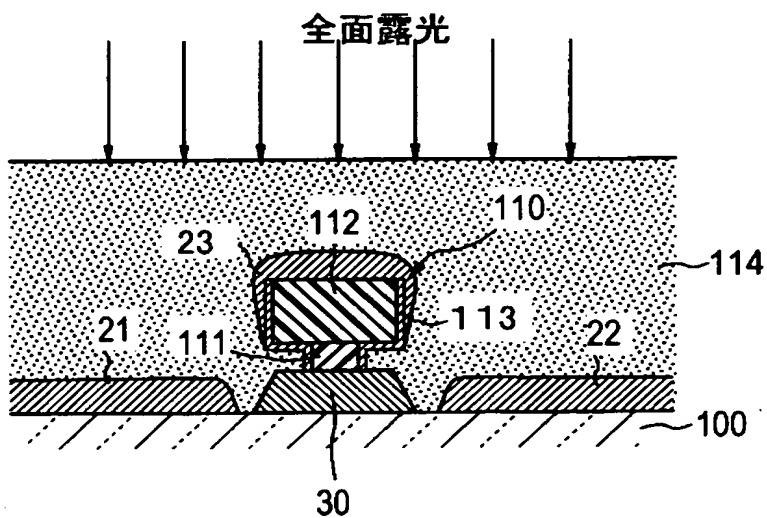
スパッタ



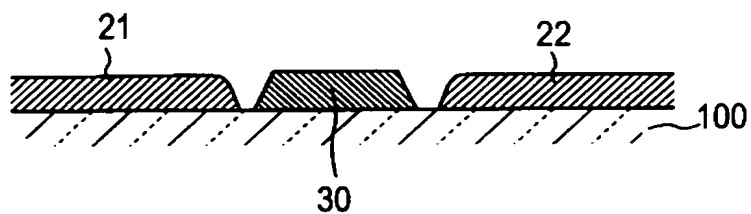
【図 2 4】



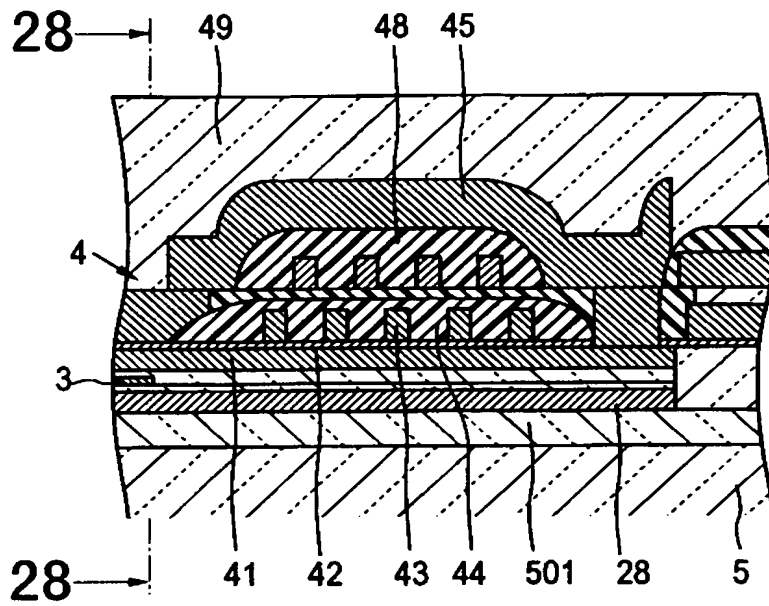
【図 25】



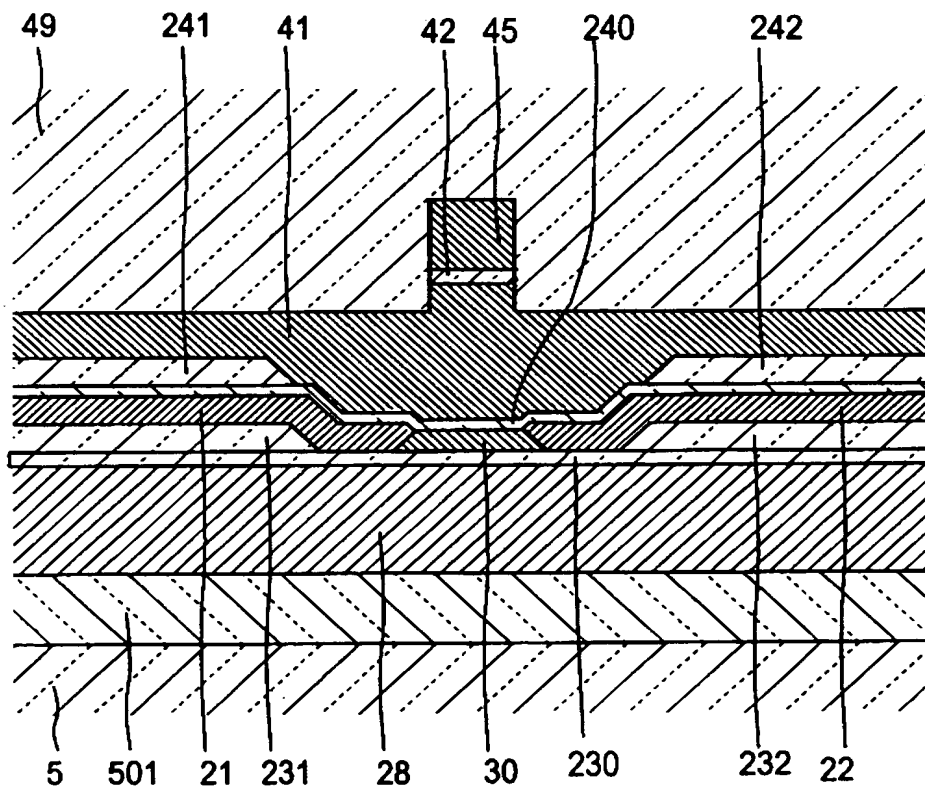
【図 26】



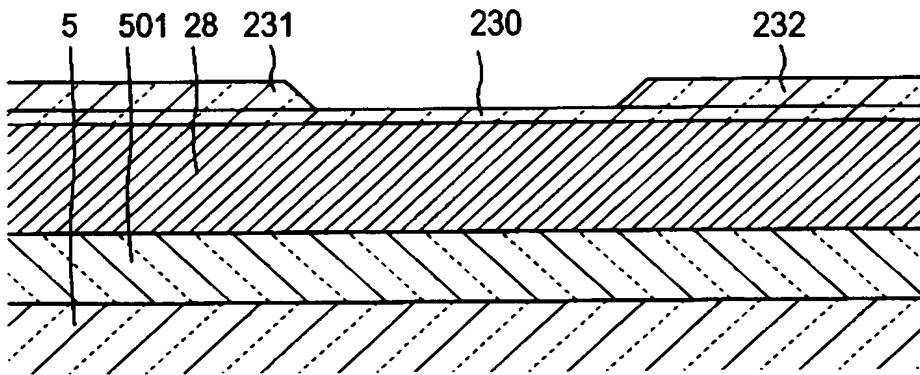
【図 27】



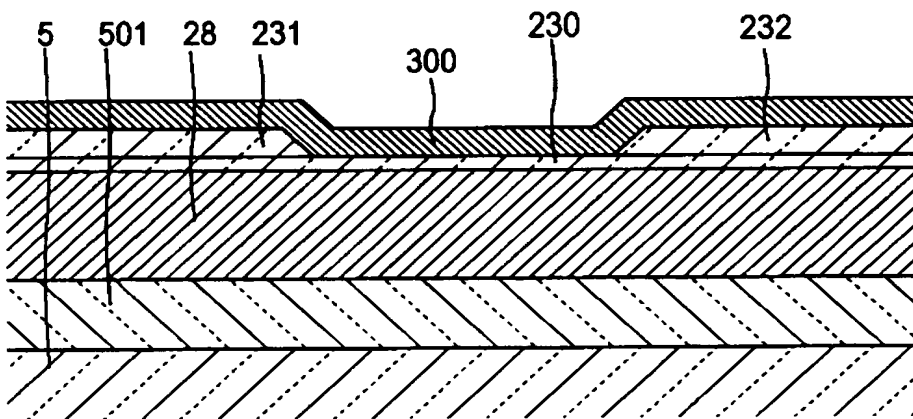
【図 28】



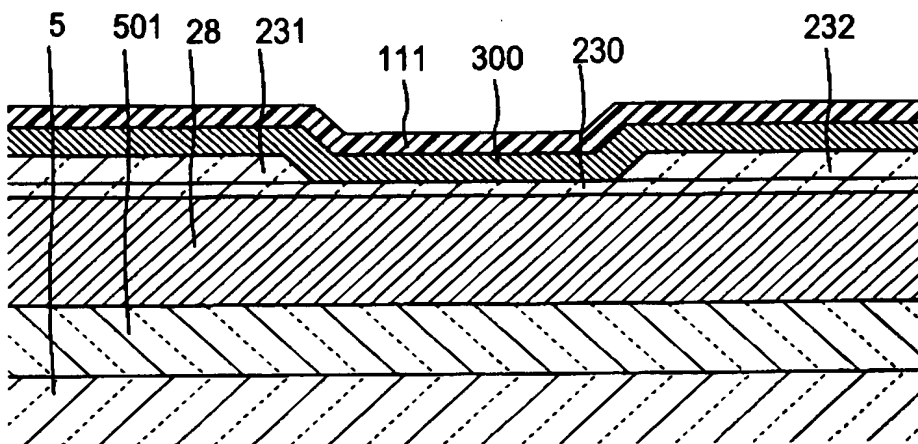
【図 29】



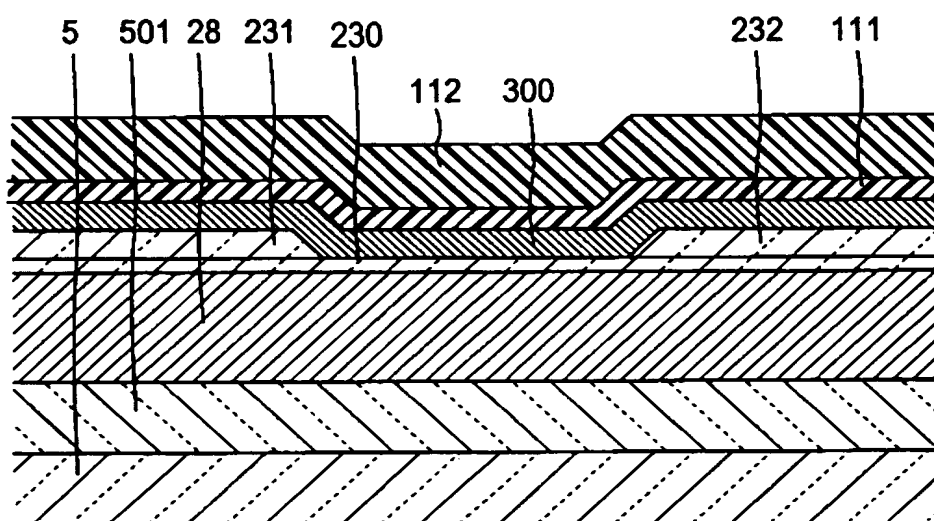
【図 30】



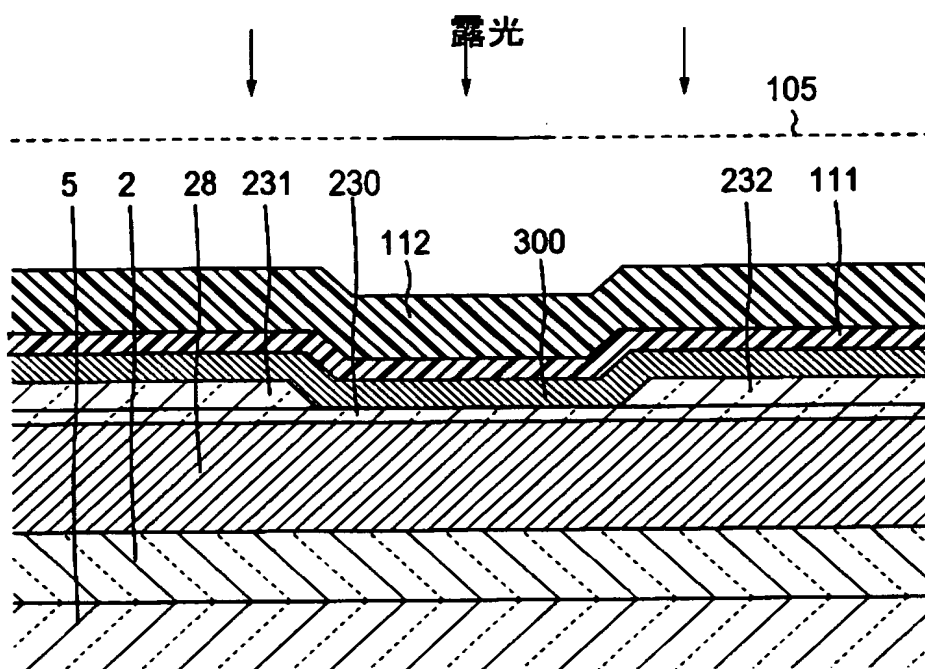
【図 3 1】



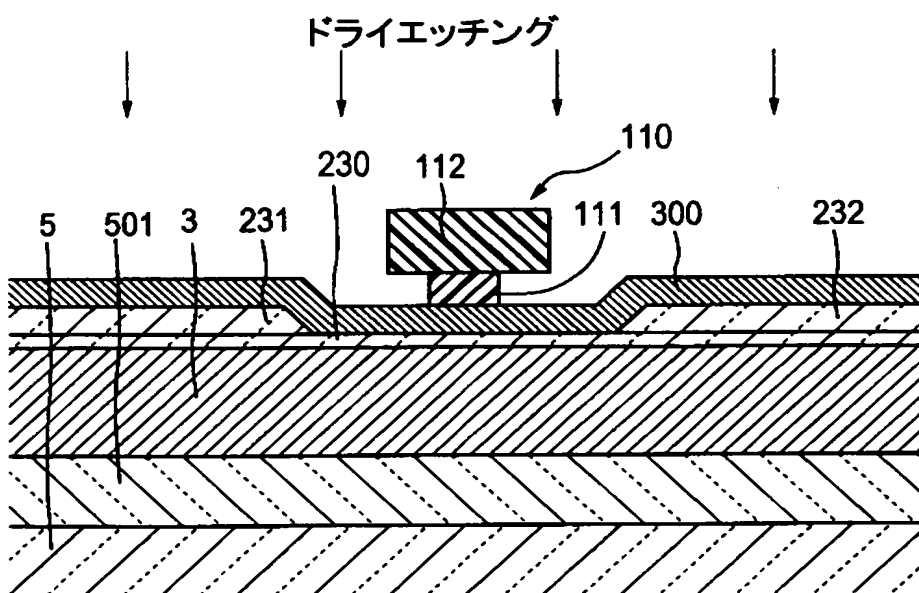
【図 3 2】



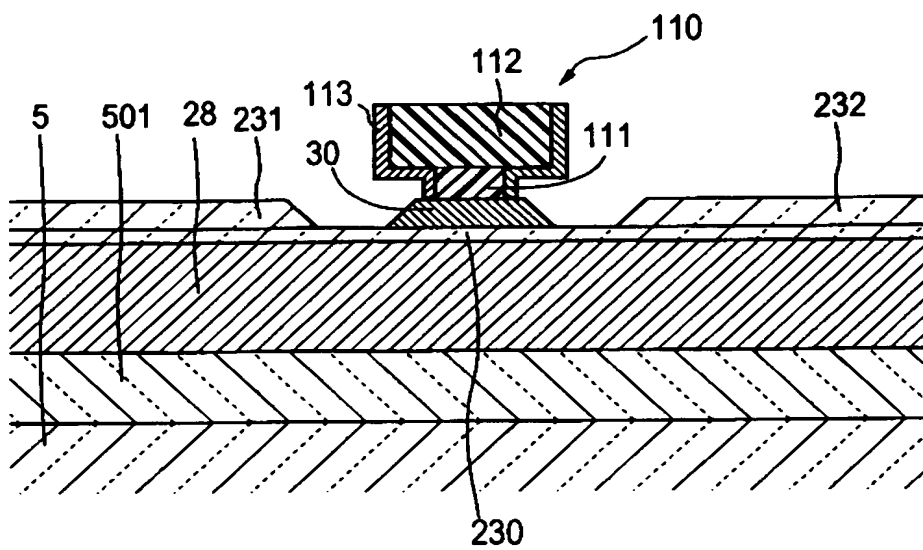
【図 3 3】



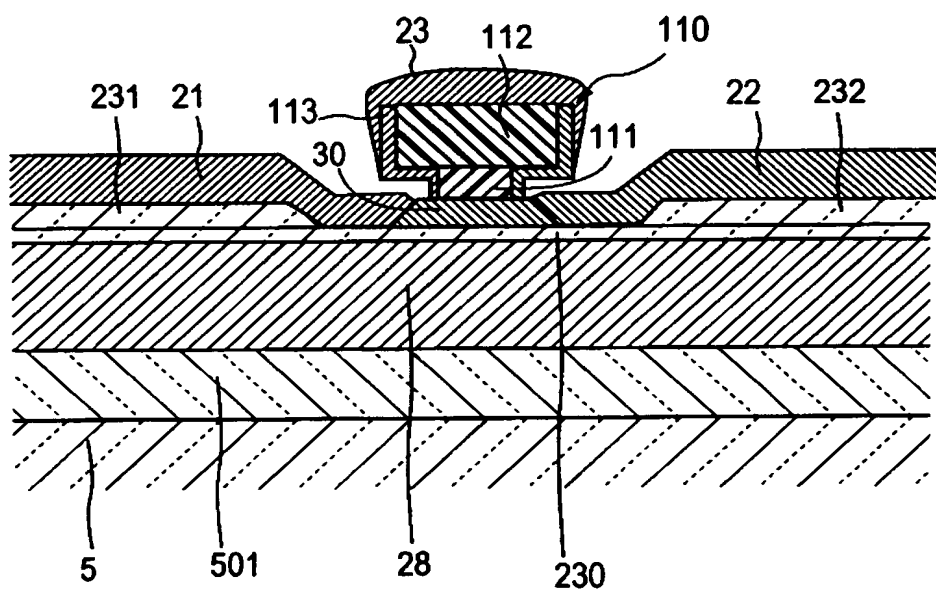
【図 3 4】



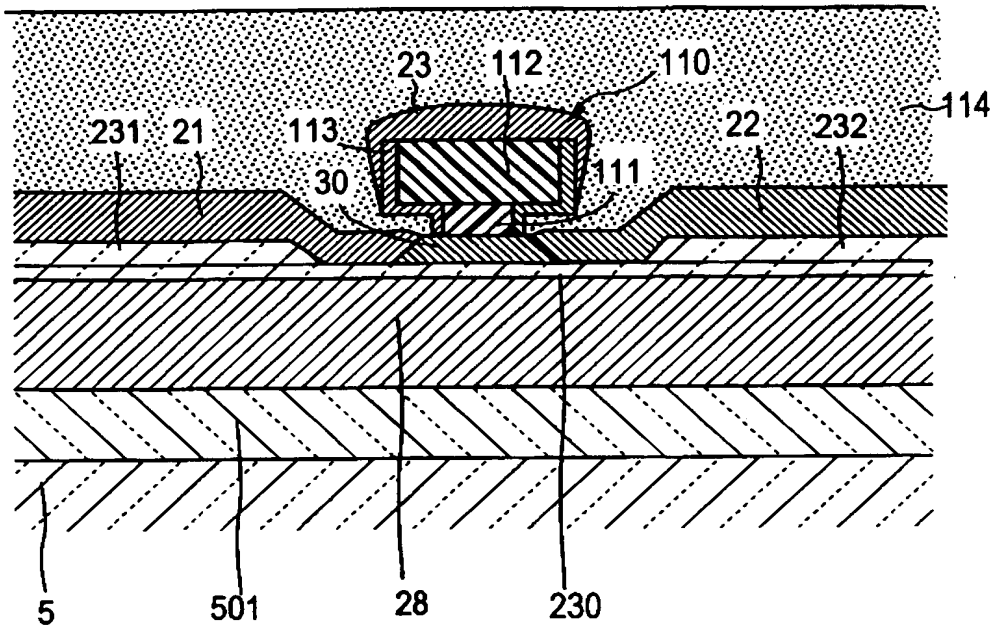
【図 3 5】



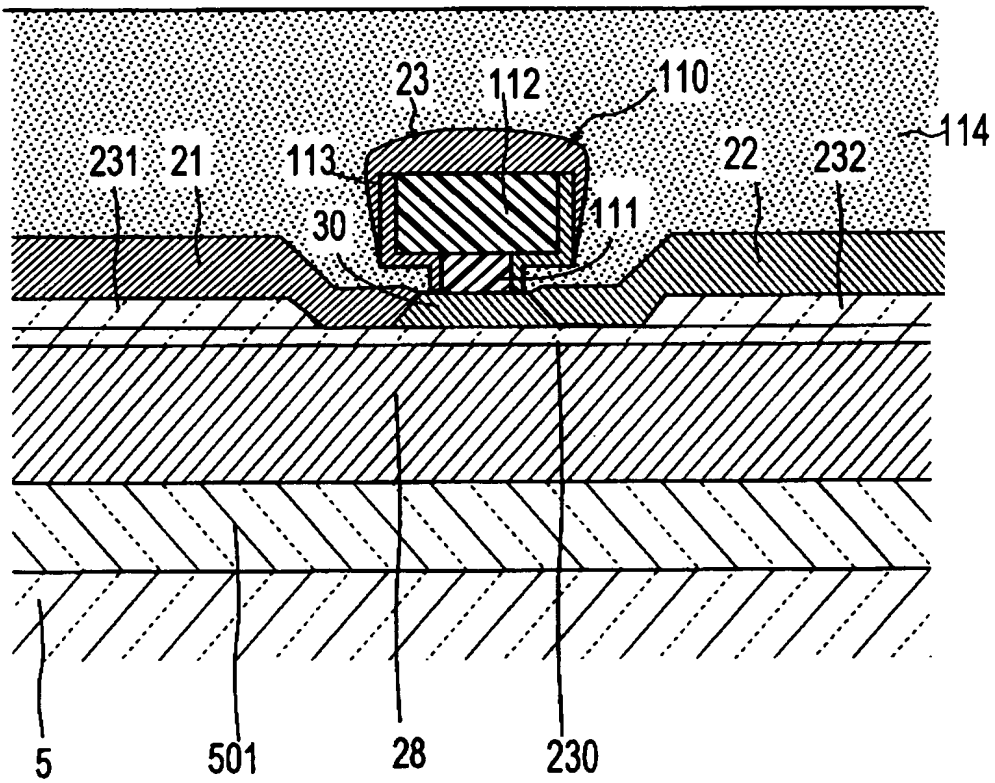
【図 3 6】



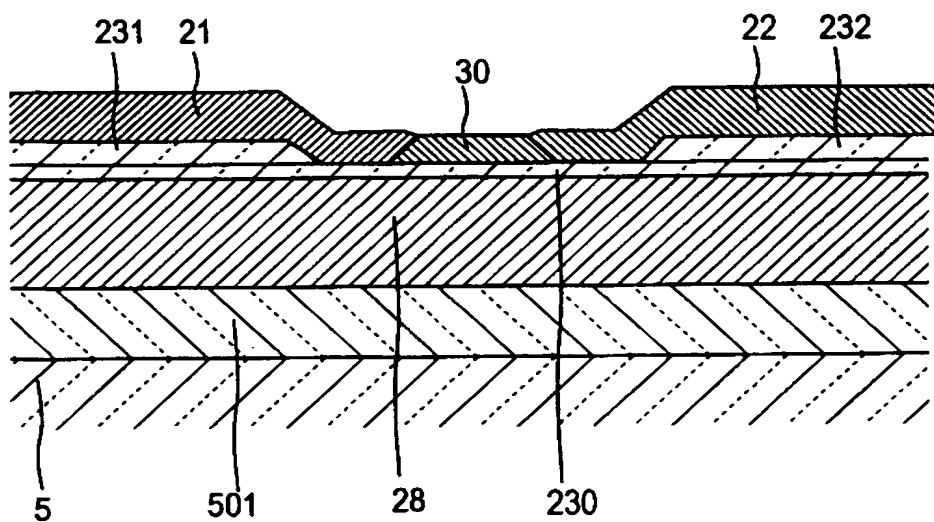
【図 37】



【図 38】



【図 39】



【書類名】 要約書

【要約】

【課題】 いわゆる「バリ」等を生じることなく、レジストマスクを確実に除去し得るパターン化薄膜形成方法およびマイクロデバイスの製造方法を提供する。

【解決手段】 光架橋剤を含有する有機樹脂を塗布して、レジストマスク 1 1 0 及び付着膜 2 3 を覆う有機樹脂層 1 1 4 を形成する。次に、有機樹脂層 1 1 4 を架橋させる。有機樹脂層 1 1 4 は、その架橋により、レジストマスク 1 1 0 と、その周囲に付着した付着膜 2 3 を捕捉する。この後、レジストマスク 1 1 0 及び付着膜 2 3 を、架橋した有機樹脂層 1 1 4 によって捕捉した後、全体を有機溶剤中に浸漬して揺動させて、有機樹脂層 1 1 4 を、レジストマスク 1 1 0 と共に溶解、除去させる。

【選択図】 図 7

特願 2 0 0 2 - 3 7 4 8 6 5

出 願 人 履 歴 情 報

識別番号 [0 0 0 0 0 3 0 6 7]

1. 変更年月日 1 9 9 0 年 8 月 3 0 日
[変更理由] 新規登録
住 所 東京都中央区日本橋 1 丁目 1 3 番 1 号
氏 名 ティーディーケイ株式会社
2. 変更年月日 2 0 0 3 年 6 月 2 7 日
[変更理由] 名称変更
住 所 東京都中央区日本橋 1 丁目 1 3 番 1 号
氏 名 T D K 株式会社